

文章编号: 0253-2697(2013)06-1212-06 DOI: 10.7623/syxb201306025

SEC 准则证实储量评估中可靠技术应用

毕海滨¹ 李建忠¹ 张君峰² 周明庆¹

(1. 中国石油勘探开发研究院 北京 100083; 2. 中国石油勘探与生产公司 北京 100007)

摘要: 2010年修订后的SEC准则明确提出了可以利用“可靠技术”突破传统的以井控程度和测试成果为基础的证实储量评估模式。根据中国石油天然气股份有限公司十多年评估实践,总结提出了国内常用的4类可靠技术,包括压力系统确定流体界面、试井技术确定最大供气范围、地震技术预测砂岩厚度及测井技术解释油气层等应用于扩大证实储量评估范围,同时总结归纳了应用于上市储量评估时对各项技术的基本要求,以及必须提供的成功案例的数量,从而满足“可靠技术”提出的与之对应的“可重复性”“一致性”“具有统计意义的证据”及“未来储量具有可增长性”的要求。深入理解SEC准则对可靠技术的相关要求,对各石油公司上市储量评估工作具有重要的指导意义。

关键词: SEC准则; 储量评估; 油气藏边界; 证实储量边界; 可靠技术

中图分类号: TE15 文献标识码: A

Applications of reliable techniques to reserves estimation proved by the SEC standard

BI Haibin¹ LI Jianzhong¹ ZHANG Junfeng² ZHOU Mingqing¹

(1. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing 100083, China;
2. PetroChina Exploration & Production Company, Beijing 100007, China)

Abstract: The SEC standard revised in 2010 definitely puts forward a new mode to estimate the newly discovered reserves by utilizing reliable techniques instead of the traditional mode that is based on the well-control extent and testing result. Based on the PetroChina's estimation practice for more than ten years, four types of reliable techniques frequently used by domestic oil companies to broaden the estimation scope of the proved reserves were summarized, i.e. to determine a hydrocarbon-water contact with pressure system, to determine the biggest oil/gas supply radius with well testing, to forecast a sand thickness with seismic technology and to interpret pay intervals with logging. Meanwhile, the basic requests for various techniques applied to the marketing reserves estimation and the number of successful cases provided compulsorily were summarized in order to meet the prerequisites of "reliable techniques", such as "consistency", "repeatability", "evidence with statistic significance" and "increasable future reserves". Therefore, an intensive understanding on relevant requirements of the SEC standard for reliable techniques is of great directive significance in the marketing reserves estimation of various domestic petroleum companies.

Key words: SEC standard; reserves estimation; reservoir boundary; proved reserves limit; reliable techniques

1 概述

自1978年美国证券交易委员会(SEC)发布油气储量评估准则(以下简称“SEC准则”)^[1]以来,历经30余年的应用和发展,2008年底推出了修订稿,经世界范围内广泛征求意见后于2010年1月起正式颁布实施。按SEC准则评估油气储量的目的主要是为了满足世界各大石油公司在纽约证券交易所的上市需求,注重的是储量资产属性和统一规则下的可对比性^[2]。

SEC准则储量评估主要包括容积法扩边新发现储量评估和动态法已开发储量评估两部分^[3]。就扩边新发现储量评估而言,修订后的SEC准则主要有2方

面的变化:①正式引入了概算储量和可能储量的定义,形成了完整的证实、概算、可能等三级储量定义^[4-6],相应地引出了油气藏边界和证实储量边界的概念及确定方法;②引入了“可靠技术”的定义,突破了传统的单纯依靠钻井和测试资料确定证实储量范围的局限性^[7-9],满足了石油工业勘探开发技术快速发展的需求。

2 可靠技术的内涵

修订后的SEC准则允许利用“可靠技术”适度扩大证实储量评估范围,即平面上可以超越传统方法规定的沿井外推1.5倍开发井距,纵向上不再限定于测试证实的油气层底界之上部分作为证实储量的空间范围。这

基金项目:中国石油天然气股份有限公司“SEC准则上市储量自评估”专项(1k-010)资助。

第一作者及通信作者:毕海滨,男,1965年3月生,1986年获大庆石油学院学士学位,2008年获中国石油勘探开发研究院博士学位,现为中国石油勘探开发研究院储量室主任、中国石油天然气集团公司高级技术专家,主要从事油气储量评价研究工作。Email:bhb@petrochina.com.cn

对中国油气储量分类体系鼓励采用稀井广探,即用较少探井探明最多储量的评价模式是极为有利的^[10]。

SEC 准则明确指出,“可靠技术是指一项或多项技术的组合,并且经测试证实或有足够的证据表明,该项技术在相同地层或类似地层中可以获得一致性的或可重复性的结论”。这里的“一致性”和“可重复性”至关重要,是对技术可靠性的核心要求。另外,在对可靠技术定义的解释中还明确提出了“具有统计意义的证据”和“未来储量的可增长性”是对可靠技术的更高要求。

从其定义看,SEC 准则并未指定储量评估中哪项技术属于可靠技术,理论上讲,除测试证实外,利用任何技术解释的油气层在未经测试证实前均持怀疑态度,都需要被评估方拿出足够的证据表明所使用技术解释结果的可靠性,换言之,技术可靠与否需要加以论证。

为提高上市储量评估工作的技术含量,有必要对中国储量研究成果加以系统总结,逐步使 2 种分类体系下的评估结果趋于一致^[11-12]。结合近十多年的上市储量评估实践,总结归纳了 4 类“可靠技术”用于 SEC 准则证实储量评估时应注意的问题,这些做法已被评估公司所接受。

3 四类可靠技术在储量评估中的应用

3.1 压力系统确定流体界面

据统计,国家“十一五”计划期间(2006—2010 年)中国新增探明储量中,构造油藏所占比例超过 50%,构造气藏所占比例约为 74%,因此,准确确定构造油藏的流体界面是储量评估工作的关键内容之一^[13]。确定流体界面的方法很多,包括直接测试法、测井解释法、地震资料“亮点与平点”技术、含盐量变化法(主要用于四川盆地边底水气藏)及压力系统等。这些方法在中国现行的探明储量计算中都得到了广泛应用,并取得了良好效果,有大量成功的实例,当然也不乏失败的教训。其中用压力系统法确定流体界面在海上油气藏相对简单的情况下成功应用的实例较多,而在陆上地区由于地质结构及油、水关系的复杂性,用压力系统确定油、水界面需要特别谨慎。

利用单井或多井压力资料确定流体界面的基本原理是地层流体密度不同,压力梯度则有所差异,从而在油/气与水的界面处会形成一个拐点,因此利用这一特性通过测试不同深度点的地层压力即可确定油气藏的流体界面。

利用压力系统能否准确确定流体界面取决于 2 个方面的因素:①压力测点的可靠性;②解释结论应不具有多解性。大量实践表明,在已知同一油气藏时,利用单井或多井测压点资料确定的流体界面精度较高,这

在海上油气田稀井广探条件下应用较为广泛,并取得了成功的经验。如惠州 2-1-1 油田,纵向上单井钻遇多个底水块状油藏,后期开发井网钻探证实,评价勘探阶段利用单井测压资料确定的各油藏的油、水界面误差均控制在 5 m 范围内^[14]。

反之,在未知是否属于同一油气藏的条件下,利用多井测压资料预测流体界面往往具有多解性,因而,精度相对较低。如图 1 所示,国内某油田评价勘探阶段,因钻井资料相对较少,初步认为断层对油气不具有控制作用,属于简单构造油藏,因此利用分布于若干相邻断块共 12 口井油气层测压资料(RFT)及区域水层测压资料预测了油藏的流体界面约为海拔 -2 505 m。后期开发井资料证实该油藏为断层复杂化的构造油藏,各断块均具有独立的油、水界面,其分布范围在海拔 -2 170~ -2 490 m。产生这一问题的原因是多井压力测试资料无法解决是单一油藏还是多个油藏的问题,本案例中把多个油藏视为单一油藏的“先入为主”的观念,导致图版中数据点离散度大、规律性较差,没有给予充分重视。

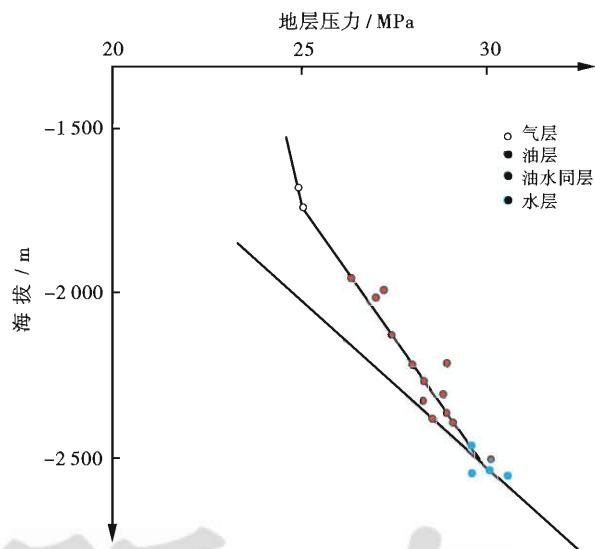


图 1 利用多井地层压力确定流体界面
Fig. 1 Determining hydrocarbon-water contact by wells pressure

因此,根据 SEC 准则技术可靠性要求,利用压力系统确定构造油气藏的流体界面时应注意两个方面问题:①对新油气田开展储量评估时应首先查明是否为同一油气藏;②用压力系统确定流体界面至少在同一沉积盆地已有 2 个以上的成功先例,以满足可靠技术对“可重复性”的要求。具备了上述两个条件,利用压力系统确定流体界面符合 SEC 准则对可靠技术的要求,可以用于确定证实储量边界。

3.2 矿场不稳定试井技术确定最大供油气范围

矿场不稳定试井技术是判别油气藏单井供油气范

围的有效方法^[15],评价结果可用于研究油气藏勘探开发的合理井距,从而为储量评估中含油面积的圈定提供重要依据。由于不稳定试井过程较复杂,因而在以往的勘探开发实践中获取的试井资料相对较少。随着复杂碳酸盐岩油气藏和岩性油气藏逐渐成为新增探明储量的主体,储量评估中含油气面积圈定难度日益加大,对试井资料的应用也日益得到重视。

矿场不稳定试井是指在保持油气井产量基本稳定的条件下,测试井底流动压力随生产时间的变化曲线即压降曲线;当油气井的井底流动压力达到拟稳定状态之后,再关井测试井底流动压力随时间的变化曲线即压力恢复曲线。利用该压力恢复曲线计算单井最大供油气半径,并作为确定油气藏基础开发井距和 SEC 准则证实储量边界的依据。需要说明的是,矿场不稳定试井方法确定的基础开发井距与油气田实际开发井距有差别,更准确地说是远大于实际开发井距,这是因为油气田实际开发时需要兼顾开采速度、开发效益等诸多方面的问题,因此,只有利用基础开发井距才能提高证实储量的评估范围。

近几年矿场不稳定试井技术在塔里木盆地碳酸盐岩油气藏和松辽盆地敖南油田三角洲前缘席状砂油藏储量评估中发挥了重要作用。其中最值得关注的问题是,由于试井技术存在解释上的多解性,需要一定数量的试井资料并开展统计分析,以建立具有统计意义的证据才能应用于储量评估,仅仅依据一口井的试井成果往往具有较大的不确定性。如中国西部某碳酸盐岩油田储层非均质性强,共取得 4 口井的试井成果,探测半径依次为 150 m、345 m、1 015 m 和 2 970 m。通过建立单井初期稳定产量和探测半径的关系曲线发现,单井初期稳定产量与供油气半径具有正相关关系,表明相同的储层条件下,供油气范围越大,单井产能越高,而 2 970 m 的探测半径样本不符合统计规律,因而该井测试资料不能用作确定证实储量边界的依据(图 2)。

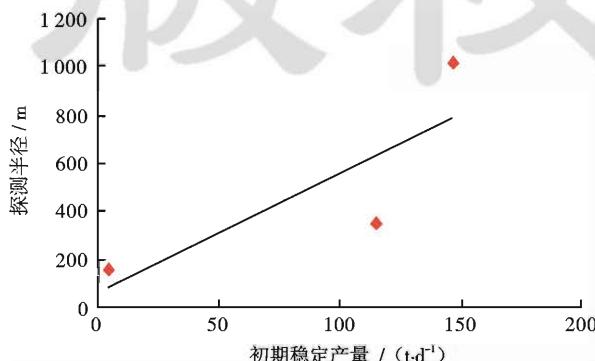


图 2 单井产能与供油半径关系

Fig. 2 The relation between well production and supply oil radius

因此,根据 SEC 准则对可靠技术的要求,用矿场不稳定试井资料确定单井最大供油气范围时应注意 2 个方面问题:①压力恢复测试必须确保足够的恢复时间,以保证压力恢复真正达到稳定状态,特别是对低渗透油气藏,由于储集层物性较差,压力恢复到稳定状态所需时间就更长一些;②在新探区评估储量时,考虑到试井技术具有多解性,需要至少提供本地区 3 口以上的不稳定试井资料,确保试井解释结果在同一地层符合一定的规律,满足可靠技术对“一致性”的要求。当然,在成熟地区的新增区块或已开发区的扩边区块,其要求可以适当放宽,因为有主体区块或已开发区多方面的资料来论证储集层的相似性。

3.3 地震资料预测砂岩有效厚度

中国年度新增探明储量中岩性油气藏所占比例有逐步上升的趋势,特别是近几年鄂尔多斯盆地^[16]、松辽盆地岩性油气藏成为新增探明储量的主体^[17]。其特点是油层单层薄、纵向层数多且叠加连片,平面分布广,储层连续性较好。针对此类油气藏,评价井数量依然受到限制,因此,必须充分利用地震资料预测的砂岩有效厚度作为评价探明储量的基础。

目前,地震技术预测砂岩体分布已在中国探明储量评价中得到普遍应用^[18](表 1),从该表可以看出现有地震技术条件下,对埋藏深度小于 3 000 m 的储集层,预测最小厚度可达到 0.5 m,预测精度超过 70%。进一步研究表明,在储集层厚度较大、存在泥质围岩等特定地质条件下,地震资料预测储集层厚度的精度还会有较大程度提高。

SEC 准则认为,由于储集层预测结果的可靠性受到地震资料品质、油气藏地质条件复杂程度等多种因素影响,中国现有的地震储层预测精度仍无法满足证实储量评估需求。因此,利用地震预测成果评估证实储量时,还必须提供本地区(一般指同一沉积盆地)“具有统计意义的证据”表明该项技术的可靠性,才能作为确定证实储量边界的依据。一个更为形象化的说法是“10 个样本中至少要有 9 个”提供了正面依据。

长庆油田公司在该项技术应用方面提供了值得借鉴的典型例证。他们利用大量地震资料预测砂岩厚度、实钻砂岩厚度及测试成果,分层系建立了具有统计意义的图版,证实了地震预测的可行性,并得到了国际评估公司的认可。以姬垣油田三叠系延长组长 8 油层为例,统计表明,地震预测砂岩厚度大于 10 m 时,对应的实钻砂岩厚度不小于 8 m,相应的有效厚度为 4 m,初期试油产量大于 4 t/d(图 3)。

沉积盆地不同,地质特征有差异。因此,要想充分利用地震预测成果评估证实储量,中国各含油气盆地

表1 不同地质条件不同地震资料预测储层精度统计
Table 1 Seismic reservoir prediction in different geological conditions

工区	目的层	埋深/m	单层厚度/m	测网密度/(km×km)	覆盖次数/次	主频/Hz	信噪比	储层厚度预测精度
层位								
三肇	葡萄花	1 300~1 500	1~5	0.5×1.0~0.3×0.3	30(个别20)	40~70	5	>80%
三肇	扶余	1 700~1 900	2~8	同上	30(个别20)	30~40	5	60%~70%
新站	黑帝庙	925~1 050	0.6~2.0	0.5×1~1×2	30	30~40	>5	0.5 m
新站	葡萄花	1 400~1 525	0.6~2.0	0.5×1~1×2	30	30~40	>5	0.5 m
埕岛	馆上段	1 100~1 650	5~10	三维	72	35~55		<5 m
广饶	奥陶系	500~950	10~25	三维	120	30~35	较高	<2 m
长庆	马五 ₁₊₂	>3 000	2~8	沙漠2×4,弯线6×10	30	沟中50~60沙漠40~50	>4	80%
乌审旗	盒8	>3 000	8~20	1×2~2×4	30~60	45~50	>4	70%
榆林	山2	<3 000	6~37	1×2~2×4	30	50~55	>4	63%

注:葡萄花为上白垩统姚家组一段—青山口组二段之间的油层;扶余为下白垩统泉头组四段中的油层;黑帝庙为上白垩统嫩江组三段—四段间的油层;馆上段为中新统馆陶组上段;马五₁₊₂为中奥陶统马家沟组五段1+2亚段;盒8为下二叠统下石盒子组8段;山2为二叠系山西组二段。

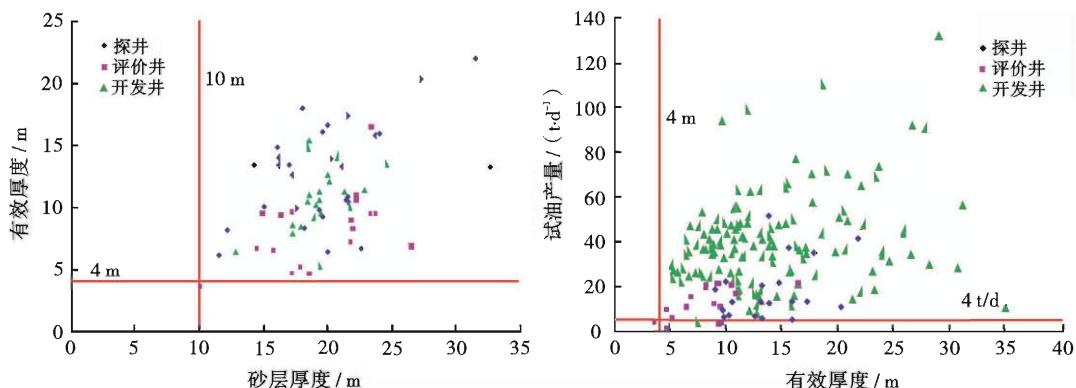


图3 姬垣油田延长组长8油层地震资料预测储集层统计
Fig. 3 Reservoir prediction of Chang 8 layer from seismic data in Jiyuan oilfield

必须参照长庆油气田的做法逐步建立符合自身特点的统计规律,提出“具有统计意义的证据”,才能满足SEC准则评估证实储量的要求。

3.4 测井技术解释油气层

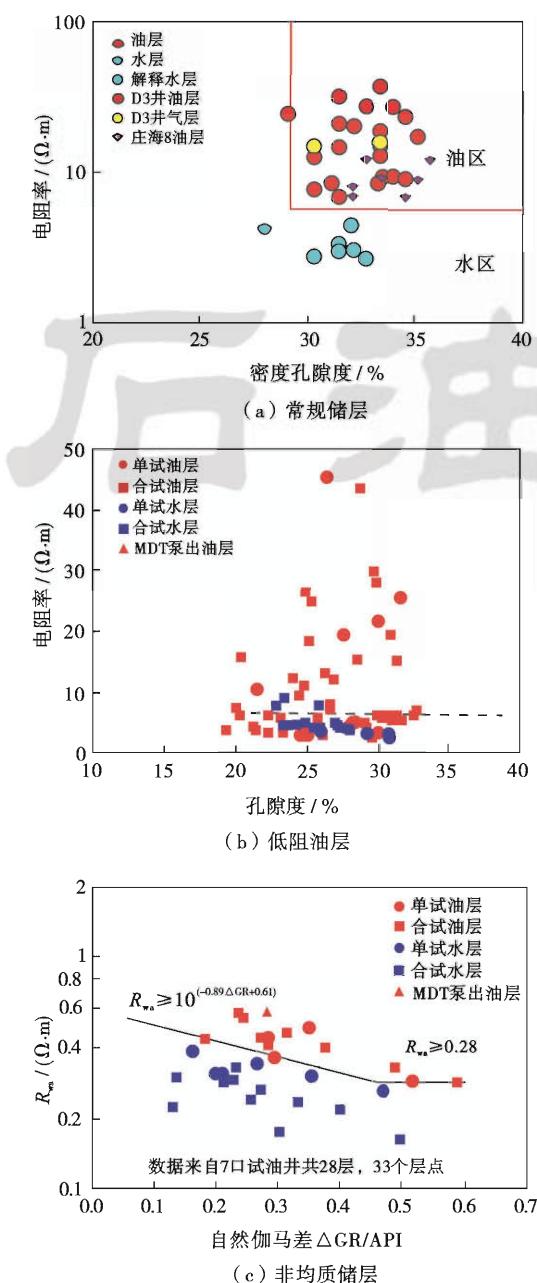
中国的油气田多属于陆相沉积,具有纵向油气层多、油气水系统复杂等特点^[19],油气藏评价阶段不可能全部测试。因此,在中国各油气田探明储量评价中普遍采用测井解释油气层技术,这不仅节省了大量的测试成本^[20],而且也提高了油气田的探明速度。

由于中国油气藏类型多,流体性质及储集层复杂多样,特别是低阻油气层多,加上钻井过程中泥浆性能等多种因素的影响,测井解释难度大大增加。因而,在SEC准则证实储量评估中关键是如何论证测井解释图版的可靠性以应对SEC质询,简言之,测井解释结果是否具有唯一性是基本要求。

目前中国用于解释油气层有效厚度的测井图版可以归纳为3种类型:①常规油气层,油、水层电阻率差别大,分界清楚,易于识别,未测试油气层只要位于测

井图版的油气层区域,无需过多论证,可靠程度较高,可以作为界定证实储量边界的依据,如图4(a)所示;②低阻油层,据统计,中国复杂断块油气藏中低阻油层所占比例较多,油、水关系复杂,油、水层识别难度大。在测井解释图版上,油、水层分界标准附近往往互有交叉,难以明确界定是低阻油层还是水层,此类图版解释结果可靠性相对较低,因此不能作为确定证实储量的依据,如图4(b)所示;③非均质性较强的油层,受流体分布和孔隙结构影响,测井解释图版中油、水层分界标准是渐变的,利用此类图版解释油气层时可操作性较差,解释结论很难具有说服力,因而,在未经测试的情况下,该类图版的解释精度难以达到界定证实储量边界的可靠性要求,如图4(c)所示。

因此,在SEC准则中只有第一类图版解释的油气层可以作为评估证实储量的依据,第二类图版和第三类图版解释的有效储层只能用于计算低级别储量,惟有如此,才能满足可靠技术对“未来储量具有可增长性”的基本要求。



注: R_w 为用电阻率计算得到的水层电阻率。

图 4 三类测井解释图版可靠性评价

Fig. 4 The reliability of three types logs standard

4 结 论

(1) 修订后的 SEC 准则明确提出了可以利用可靠技术突破传统的以井控程度和测试成果为基础的证实储量界定模式,但技术的可靠性需要由公司自行论证并提供具有统计意义的证据。

(2) 目前中国应用的较为成熟的可靠技术主要包括压力系统确定流体界面、矿场不稳定试井确定单井供油气范围、地震技术预测砂体厚度以及测井技术解释油气层等 4 类。其中压力系统确定流体界面时应先

确定是否为统一油藏,再确定流体界面,并提供 2 个以上的成功实例,以满足可靠技术对“可重复性”的要求;矿场不稳定试井技术主要应用于非均质性较强的碳酸盐岩油气藏和岩性油气藏,并需要提供 3 个以上的样本以验证是否符合一般规律,以满足可靠技术对“一致性”的要求;地震技术预测砂体厚度必须提供“具有统计意义的证据”;测井技术基本限定在常规砂岩油气藏中,以满足“未来储量具有可增长性”要求。深入理解各项可靠技术的应用条件,对国内各上市公司储量评估工作具有重要的现实意义。

(3) SEC 准则上市储量评估是一项长期的任务,各地区应根据自身特点逐步建立独具特色的可靠技术系列,不断提高储量评估工作的技术含量。

参 考 文 献

- [1] 贾承造. 美国 SEC 油气储量评估方法 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004; 1-30.
Jia Chengzao. SEC estimation approach for oil and gas resources [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004; 1-30.
- [2] 王峰, 王澍. 国外矿产储量管理主要特点及对我国的启示 [J]. 中国矿业, 2012, 21(10): 5-8.
Wang Feng, Wang Shu. Main features of foreign mineral reserves and revelation to our government [J]. China Mining Magazine, 2012, 21(10): 5-8.
- [3] 胡允栋, 萧德铭, 王永祥. 按 SEC 标准进行油气证实储量评估的基本原则 [J]. 石油学报, 2004, 25(2): 19-24.
Hu Yundong, Xiao Deming, Wang Yongxiang. Ten principles for estimating proven reserves following SEC standards [J]. Acta Petrolei Sinica, 2004, 25(2): 19-24.
- [4] 毕海滨, 王永祥, 胡允栋. 浅析 SPE 储量分类中三级储量的相互关系 [J]. 新疆石油地质, 2004, 25(4): 420-422.
Bi Haibin, Wang Yongxiang, Hu Yundong. Analysis of correlation among proved, probable and possible reserves in SPE reserves classification [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2004, 25(4): 420-422.
- [5] 赵文智, 毕海滨. 储量研究中油藏边界的确定方法 [J]. 中国海上油气, 2005, 17(6): 379-383.
Zhao Wenzhi, Bi Haibin. The methods to determine reservoir boundary for reserves researches [J]. China Offshore Oil and Gas, 2005, 17(6): 379-383.
- [6] 赵文智, 李建忠, 王永祥, 等. SEC 标准确定证实储量边界的方法 [J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(6): 754-758.
Zhao Wenzhi, Li Jianzhong, Wang Yongxiang, et al. Methods of determining proved reserves by SEC standard [J]. Petroleum Exploration and Development, 2006, 33(6): 754-758.
- [7] 吴国干, 胡允栋, 王永祥, 等. 重新认识中国油气储量标准与国际通行标准的对应关系 [J]. 中国石油勘探, 2007, 12(5): 62-65.
Wu Guogan, Hu Yundong, Wang Yongxiang, et al. Reinterpretation of corresponding relationship between Chinese and international standards for oil and gas reserves [J]. China Petroleum Exploration, 2007, 12(5): 62-65.

- ploration, 2007, 12(5): 62-65.
- [8] 王永祥, 张君峰, 段晓文. 中国油气资源/储量分类与管理体系[J]. 石油学报, 2011, 32(4): 645-651.
Wang Yongxiang, Zhang Junfeng, Duan Xiaowen. A classification and management system of petroleum resources/reserves in China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(4): 645-651.
- [9] 美国联邦公报. 规章制度[Z]. 2009-1-14, 74(9): 2190-2197.
Federal Register. Rules and regulations[Z]. 2009-1-14, 74(9): 2190-2197.
- [10] 吴国干, 胡允栋, 王永祥, 等. 油气储量评估与油气藏圈闭成因的主控因素[J]. 石油学报, 2008, 29(6): 804-808.
Wu Guoguan, Hu Yundong, Wang Yongxiang, et al. Main control factors for estimation of oil and gas reserves and genesis of traps in oil and gas reservoirs[J]. Acta Petrolei Sinica, 2008, 29(6): 804-808.
- [11] 刘韵, 张贵生, 马丽梅. 中国与 SEC 储量评估差异分析——以元坝长兴组元坝 103H 井区长二段气藏为例[J]. 石油实验地质, 2012, 34(5): 514-517.
Liu Yun, Zhang Guisheng, Ma Limei. Reasons for differences of reserve estimation results between domestic and SEC rules: a case study of gas reservoir in 2nd section of Changxing Formation, well Yuanba 103H[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2012, 34(5): 514-517.
- [12] 邓辞, 陈同飞, 刘志霞, 等. 江苏油田 SEC 静态储量潜力研究[J]. 石油实验地质, 2012, 34(5): 527-530.
Deng Ci, Chen Tongfei, Liu Zhixia, et al. Potential research of SEC static reserves about Jiangsu Oilfield[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2012, 34(5): 527-530.
- [13] 毕海滨, 查全衡, 王永卓. 提高储量评估水平的三大地质要素[J]. 石油学报, 2004, 25(1): 25-29.
Bi Haibin, Zha Quanheng, Wang Yongzhuo. Three geological factors for improving estimation quality of original oil in place[J]. Acta Petrolei Sinica, 2004, 25(1): 25-29.
- [14] 高瑞祺, 陈元千, 毕海滨. 对我国石油可采资源量的预测研究[J]. 石油学报, 2002, 23(5): 44-47.
- Gao Ruiqi, Chen Yuanqian, Bi Haibin. Study on the predicting methods for recoverable reserves[J]. Acta Petrolei Sinica, 2002, 23(5): 44-47.
- [15] 贾爱林, 付宁海, 程立华, 等. 靖边气田低效储量评价与可动用性分析[J]. 石油学报, 2012, 33(S2): 160-165.
Jia Ailin, Fu Ninghai, Cheng Lihua, et al. The evaluation and recoverability analysis of low-quality reserves in Jingbian gas field[J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(S2): 160-165.
- [16] 付金华, 魏新善, 任军峰, 等. 鄂尔多斯盆地天然气勘探形势与发
展前景[J]. 石油学报, 2006, 27(6): 1-4, 13.
Fu Jinhua, Wei Xinshan, Ren Junfeng, et al. Gas exploration and developing prospect in Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(6): 1-4, 13.
- [17] 刘国志, 崔敬伟, 陈志鹏, 等. 大庆油田低渗透岩性油藏 SEC 准则
合理井控程度论证[J]. 大庆石油地质与开发, 2012, 31(4): 78-81.
Liu Guozhi, Cui Jingwei, Chen Zhipeng, et al. Demonstration of reasonable well control degree by sec regulations for low-permeability lithologic reservoirs in Daqing oilfield[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2012, 31(4): 78-81.
- [18] 查全衡. 石油天然气资源经营管理基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999: 65-67.
Zha Quanheng. Petroleum resources management bases[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999: 65-67.
- [19] 查全衡. 渤海湾油区石油储量、产量增长的特点与潜力[J]. 石油
学报, 2007, 28(4): 16-20.
Zha Quanheng. Growth and potential of oil in place and produc-
tion in the Bohai Bay petroleum region[J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28(4): 16-20.
- [20] 许进进, 任玉林, 凡哲元, 等. 油价和成本对证实储量的影响[J].
石油与天然气地质, 2012, 33(4): 646-649, 654.
Xu Jinjin, Ren Yulin, Fan Zheyuan, et al. Impacts of oil prices and operation costs on proved reserves reporting[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(4): 646-649, 654.

(收稿日期 2013-05-06 改回日期 2013-08-08 责任编辑 熊英)